Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 1-10

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۰-۱

اثر آبیاری بخشی ریشه و بستر کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

صابر جمالی[۱]- حسین انصاری[۲*]- سیده محبوبه زین الدین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

چکیده

در آبیاری به روش آبیاری بخشی ریشه (PRD)، نیمی از محیط ریشه به تواتر به‌صورت کامل آبیاری شده و نیم دیگر خشک نگه داشته می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی عملکرد و اجزای عملکرد کینوا با کاربرد روش آبیاری PRD در سه نوع بستر کاشت می‌باشد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۷ در شرایط گلخانه‌ای که شامل دو مدیریت آبیاری (آبیاری کامل FI و آبیاری بخشی ناحیه ریشه PRD) و سه بستر کشت (سیلتی رسی S_1، لوم رسی S_2 و لوم شنی S_3) بود، اجرا شد. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار FI (۸۴/۴ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع گیاه در تیمارPRD (۸۲/۵ سانتی‌متر) می‌باشد. با کاهش ۵۰ درصد میزان آب آبیاری از تیمار FI به تیمار PRD، وزن هزاردانه ۹/۱ درصد کاهش یافت، بیشترین و کمترین وزن هزاردانه گیاه به‌ترتیب ۴/۰ و ۳/۶ گرم در بوته در تیمارهای FI و PRD به‌دست آمد. عملکرد دانه با تغییر مدیریت آبیاری از تیمار FI به PRD، ۱۰/۲ درصد کاهش داشت و حداکثر و حداقل مقدار آن به‌ترتیب در تیمارهای FI (۱۹/۷ گرم در بوته) و PRD (۱۷/۷ گرم در بوته) اندازه‌گیری شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه (۲۰/۲ و ۱۸/۴ گرم در بوته) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای S_1 و $S_{2,3}$ است. تیمار خاک سیلتی رسی با وزن هزار دانه ۴/۱۲ گرم، دارای وزن هزار دانه بیشتری نسبت به خاک‌های لوم رسی و لوم شنی (بترتیب با ۳/۷۸ و ۳/۷۸ گرم) داشت. به‌طورکلی، تأثیر روش آبیاری PRD بر کاهش مصرف آب در کشت گلخانه‌ای کینوا مثبت بود و قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: روش PRD، شرایط گلخانه‌ای، عملکرد دانه و سنبله، کم‌آبیاری، کینوا، وزن هزار دانه

مقدمه

تنش‌ها یکی از علل کاهش رشد و عملکرد محصول در زمین‌های کشاورزی محسوب می‌شود (۲۶) که از جمله این تنش‌ها که باعث کاهش رشد و کاهش محصول در گیاهان می‌شود تنش خشکی است (۱۳)، که یکی از محدودیت‌های عمده در بهره‌وری کشاورزی در سرتاسر جهان بوده و این احتمال وجود دارد که در آینده افزایش یابد (۲۰ و ۲۱). تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است که بر پراکنش، رشد و نمو گیاهان مؤثر است و می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاه گردد (۱۱ و ۱۲).

عزیز و همکاران (۲) به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر خواص رشدی و متابولیت‌های ثانویه گیاه کینوا نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری به‌میزان ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته شد. بیشترین میزان کاهش این صفات نیز در تیمار آبیاری به میزان ۲۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین میزان از وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی (۰/۸۵ گرم) و کمترین میزان آن نیز در تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی (۰/۲۵ گرم) مشاهده شد. در پژوهش ایشان بیشترین و کمترین میزان ارتفاع با ۳۵ و ۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب در تیمار شاهد و ۲۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. هریچی و همکاران (۹) در پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر بهبود بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت شیرین، نخود، باقلا و کینوا نشان دادند که در گیاه نخود کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش عملکرد دانه، وزن خشک اندام هوایی و نسبت ریشه به ساقه گردید، ولی شاخص برداشت افزایش یافت. در گیاه ذرت شیرین افزایش تنش آبی منجر به کاهش وزن تر اندام هوایی و عملکرد بلال تازه گردید، ولی شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت. در گیاه کینوا افزایش تنش آبی منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه گردید، ولی شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ansary@um.ac.ir)
۳- دانشجوی کارشناسی، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81937

افزایش یافت. از طرفی در گیاه باقلا، کاهش میزان آب آبیاری به صورت دوره‌ای منجر به کاهش وزن تر اندام هوایی و عملکرد بلال تازه گردید، ولی وزن خشک دانه، وزن تر محصول، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، بیومس کل، شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت. همچنین در گیاه ذرت شیرین افزایش تنش آبی دوره‌ای منجر به افزایش وزن تر بلال، وزن خشک دانه، وزن هزار دانه، زی‌توده کل، شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه گردید ولی افزایش تنش بر تعداد بلال در بوته معنی‌دار نشد. از سوی دیگر در گیاه کینوا رقم DO708 افزایش تنش آبی دوره‌ای به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی در دوره رویشی منجر به افزایش عملکرد دانه در بوته (۱۱/۵ درصد)، شاخص برداشت (۱۶/۲ درصد)، بهره‌وری مصرف آب (۲۰/۲ درصد) و نسبت ریشه به ساقه (۱۲/۹ درصد) گردید، ولی زی‌توده کل کاهشی به‌میزان ۳/۹ درصد داشت. از طرفی در گیاه کینوا رقم QM1113 افزایش تنش آبی به‌میزان ۵۰ درصد نیاز آبی در دوره رویشی منجر به افزایش عملکرد دانه در بوته (۶/۶ درصد)، زی‌توده کل (۴/۲ درصد)، شاخص برداشت (۲/۴ درصد)، بهره‌وری مصرف آب (۱۴/۵ درصد) و نسبت ریشه به ساقه (۲ درصد) شد. در پژوهشی دیگر رزاقی و همکاران (۱۹) به منظور بررسی اثر بافت‌های مختلف خاک و کود نیتروژن بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca نشان دادند که اعمال تنش آبی در بافت شنی (کاهش ۱۲ درصدی)، لوم شنی (افزایش ۳/۳ درصدی) و لوم رس شنی (کاهش ۵/۹ درصدی) عملکرد دانه شد. همچنین ایشان نشان دادند که در شرایط آبیاری کامل بافت لوم رس شنی (۳/۴ مگاگرم در هکتار) نسبت به بافت‌های شنی (۲/۵ مگاگرم در هکتار) و لوم شنی (۳/۰ مگاگرم در هکتار) دارای عملکرد دانه بیشتری بوده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که زی‌توده کل در شرایط اعمال تنش آبی در بافت شنی و لوم رس شنی به‌ترتیب به‌میزان ۷/۸ و ۷/۶ درصد نسبت به شرایط اعمال آبیاری به‌صورت کامل، کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که در پژوهش ایشان زی‌توده کل در تیمار استفاده از بافت لوم شنی در شرایط اعمال تنش و آبیاری کامل یکسان بود. در پژوهشی دیگر که به‌منظور کاهش اثر تنش‌های محیطی مانند خشکی بر روی گیاه کینوا در ۳ بافت خاک اجرا شده بود، نتایج نشان داد که استفاده از بیوچار و کمپوست اسیدی منجر به تقلیل اثر خشکی نسبت به تیمار شاهد شده به‌طوری‌که اعمال این مواد به خاک تحت تنش خشکی سبب بهبود در وزن خشک اندام هوایی به‌میزان ۶۴/۵ درصد (بیوچار اسیدی) و ۴۱/۹ درصد (کمپوست اسیدی) و عملکرد دانه به‌میزان ۶۲/۱ درصد (بیوچار اسیدی) و ۴۶/۵ درصد (کمپوست اسیدی) می‌شود (۱۸). در تحقیقی دیگر علی و همکاران (۱) نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش طول ریشه، ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه گیاه کینوا در شرایط آب و هوایی عربستان سعودی در سطح احتمال ۵ درصد شد. نتایج ایشان گویای این موضوع است که در شرایط توامان تنش شوری و خشکی نیز تمامی این صفات (به‌جز در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار و ۵۰ درصد نیاز آبی) نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشته است. سانچز و همکاران (۲۲) در مطالعه خود اثر خشکی بر روی گیاه کینوا رقم cv. Real را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که اعمال تنش کم و شدید آبی منجر به کاهش ۳/۵ و ۵ درصدی (وزن تر اندام هوایی) و کاهش ۱۰ درصدی و بدون تغییر در وزن خشک اندام هوایی شد.

نتایج پژوهش میدانشاهی و همکاران (۱۴) بر روی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری کامل (۱۷۶/۲ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن در آبیاری بخشی ریشه (۱۴۱/۴ سانتی‌متر) می‌باشد. با کاهش ۵۰ درصد میزان آب آبیاری در تیمار آبیاری بخشی ریشه، تعداد خوشه (۱۵/۲ درصد)، وزن گیاه (۴۰/۱ درصد)، تعداد میوه (۳۴/۶ درصد) و عملکرد (۴۴/۷ درصد) کاهش یافت ولی کارایی مصرف آب (۱۰/۹ درصد) افزایش یافت. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر اندام هوایی گیاه به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری بخشی ریشه به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که خاک لوم شنی در هر دو روش آبیاری دارای کارایی مصرف آب بیشتری نسبت به اعمال تیمارهای آبیاری در خاک لوم رسی بود و عملکرد نیز در این خاک ۲۴/۲ درصد بیشتر بود. در تحقیقی دیگر دانش‌پژوه و همکاران (۴) به منظور بررسی اثر آبیاری بخشی ریشه بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای آزمایشی را در دانشگاه شهرکرد اجرا کرده و نشان دادند که آبیاری بخشی ریشه نسبت به آبیاری کامل منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی شد. در پژوهشی دیگر میدانشاهی و همکاران (۱۵) بر روی گیاه گلرنگ اظهار داشتند که روش آبیاری بخشی ریشه منجر به کاهش وزن هزاردانه (۳۲ درصد)، وزن خشک اندام هوایی (۳۴ درصد)، ارتفاع (۵۴/۱ درصد) و عملکرد دانه (۳۰ درصد) نسبت به تیمار آبیاری کامل شده است ولی کارایی مصرف آب ۳۵ درصد افزایش یافته است. همچنین ایشان بیان کردند که بیشترین میزان عملکرد دانه در خاک لوم شنی (۸/۸ گرم) مشاهده شده است (نسبت به بافت لوم رسی با ۸/۳ گرم).

با توجه به کمبود منابع آب شیرین و افزایش روز افزون جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر از یک سو و خشکسالی‌های اخیر از سوی دیگر، نیاز به استفاده از روش‌های بهبود کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است. از جمله روش‌های بهبود کارایی مصرف آب در کشاورزی، کشت گیاهان سازگار با کم‌آبی و شرایط فوق می‌باشد، که از مهمترین راهکارهای رسیدن به امنیت غذایی در کشور نیز به‌شمار می‌رود. کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی که در بالا ذکر شد، می‌باشد. ایران دارای تنوع اقلیمی

متنوعی است به‌عنوان مثال کشت کینوا از نظرتولید به‌خصوص در مناطقی از استان خراسان رضوی که با کمبود آب مواجه است، می‌تواند موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی شود. کینوا از آنجا که گیاهی دارویی و همچنین بدون گلوتن است، غذایی ارزشمند بوده و به سلامت جامعه نیز کمک خواهد نمود. از این رو در این پژوهش علاوه بر گیاه مقاوم کینوا به کم‌آبی، از روش آبیاری بخشی ریشه جهت بهبود کارایی مصرف آب در بسترهای مختلف کشت نیز استفاده شده و هدف از این پژوهش بررسی اثر روش آبیاری مذکور و بسترهای مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca می‌باشد.

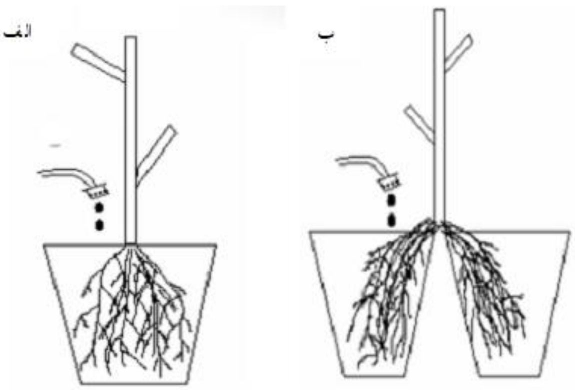
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر بسترهای مختلف کشت و روش‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca، آزمایشی بر پایه کشت گلدانی و به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای بستر کشت مورد بررسی در این پژوهش شامل ۳ سطح (نسبت ۱:۲ خاک زراعی و کود دامی که دارای بافت سیلتی رسی بوده S_1، نسبت ۱:۲:۲ خاک زراعی، ماسه و کود دامی که دارای بافت لوم رسی بوده، S_2؛ نسبت ۱:۴:۲ خاک زراعی، ماسه و کود دامی که دارای بافت لوم شنی بوده، S_3) و تیمار روش آبیاری شامل ۲ سطح (روش متداول آبیاری[1] FI[2] و آبیاری بخشی ریشه PRD[3]) بود. برای این پژوهش ۲۴ گلدان پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر تهیه گردید. جهت تیمارهای آبیاری بخشی، تیغه‌ای از جنس پلی‌کربنات، با توجه به ابعاد صفحه تقارن گلدان بریده و با چسب آکواریوم در محل خود نصب و آب‌بندی شد. به‌منظور کشت بذر در وسط صفحه و قسمت بالای آن به‌صورت مثلثی برش داده تا ریشه‌ها بتوانند، در دو سمت تیغه رشد داشته باشند (شکل ۱). در شکل ۲ نیز نمونه‌ای از گیاهان کشت شده ارائه شده است. جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به وسیله‌ی هدایت سنج الکتریکی و اسیدیته خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر و چگالی ظاهری خاک به روش استوانه‌ای (در مزرعه) اندازه‌گیری شد (۲۷). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از تهیه محیط کشت مرکب، آن را به گلدان‌های پلاستیکی انتقال داده و با ترازو وزن گلدان‌ها را بررسی کرده تا شرایط یکسان باشد، لازم به ذکر است که ابتدا در کف گلدان‌ها به‌صورت یکسان لایه‌ای از سنگ‌ریزه به‌عنوان فیلتر جهت بهبود زهکشی و تهویه قرار داده شد و ۵ سانتی‌متر بالایی گلدان‌ها به‌منظور اعمال آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیه حجم خالی گلدان‌ها از خاک مرکب پر شدند. جهت جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن خاک گلدان به‌صورت تدریجی و در لایه‌های پنج سانتی‌متری همراه با کوبش انجام شد. به‌منظور از بین بردن شوری، محیط کشت گلدان‌ها را با آب شهری اشباع کرده و اجازه داده شد که آب از زهکش‌های آن خارج شود. به‌منظور کاشت بذر در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۷، ۱۰ بذر کینوا رقم Titicaca برای آبیاری کامل (FI) وسط هر گلدان و برای آبیاری بخشی (PRD) دقیقاً روی صفحه تقارن به‌صورت مستقیم کاشته شد. طی مدت زمان جوانه زنی هر روز ۱۰۰ سی‌سی آب به هر گلدان با استفاده از پیست اضافه شد. پس از رسیدن گیاهان به مرحله ۴ برگچه‌ای تراکم بوته‌ها در گلدان به ۳ بوته تقلیل یافت. دور آبیاری در این طرح متغیر و عمق آبیاری ثابت بوده که با استفاده از روش وزنی تعیین شد. تا مرحله استقرار گیاه، آبیاری تمام تیمارها با استفاده از آب شهری و به‌میزان حد ظرفیت زراعی (FC) انجام شد و سپس اعمال تیمارها صورت پذیرفت. دور آبیاری بر اساس تعیین رطوبت موجود در خاک با استفاده از دستگاه TDR مدل PMS-714 اعمال گردید. به‌منظور اعمال آبیاری بخشی ریشه، پس از طی یک دور آبیاری، جهت نیمی از حجم خاک گلدان، مقدار آبی، برابر با نصف نیاز آبی تیمار آبیاری کامل داده شد، به‌عبارت دیگر ۵۰ درصد نیاز آبی آبیاری کامل، به نصف گلدان تیمار آبیاری بخشی اضافه گشته و نیمهٔ دیگر خشک نگه داشته شد. در دور بعدی آبیاری، قسمتی از خاک که خشک بوده آبیاری شد. لازم به ذکر است که در این فرایند، هیچگونه کم‌آبیاری در حین آبیاری بخشی اعمال نشد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی را طی دو مرحله که در فوق بدان اشاره شد، به‌صورت بخشی بر روی گلدان‌ها اعمال شدند. وجین علف‌های هرز با دست و در طی ۴ مرحله انجام شد. جهت اندازه‌گیری صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه و سنبله نیز گیاهان در تاریخ ۱ مهر ۱۳۹۷ برداشت شدند. صفات فیزیولوژیکی و زراعی برداشت شده برای تمامی گیاهان (۳ بوته در هر گلدان) شامل ارتفاع بوته (با استفاده از متر)، وزن هزار دانه، وزن تر برگ، ساقه و ریشه، عملکرد سنبله که همان وزن سنبله‌های موجود در هر بوته بوده و عملکرد دانه (با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد)

۱- آبیاری متداول: کل نیاز آبی گیاه در هر بار آبیاری در اختیار آن قرار می‌گیرد.
2- Full irrigation
3- Partial Rootzone Drying

بود. در انتها نتایج با نرم‌افزار SAS (ver. 9.4) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.



شکل ۱- الف: آبیاری کامل، ب: آبیاری بخشی ریشه
Figure 1- a: Full Irrigation, b: Partial Rootzone Drying



شکل ۲- نمونه‌ای از گیاهان کشت شده در گلدان
Figure 2- Sample of planted crops in pots

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده
Table1- Chemical properties of used water

کیفیت آب Water quality	Chemical properties ترکیبات شیمیایی									
	pH	EC_{25} (dS/m)	HCO_3 (meq/L)	SO_4 (meq/L)	Mg (meq/L)	Ca (meq/L)	K (meq/L)	Na (meq/L)	Cl (meq/L)	SAR
Freshwater آب چاه	8.2	1.2	7.8	1.7	2.8	4.4	0.6	4.1	2.4	1.73

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 2- Some of chemical and physiological properties of Soil

بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	چگالی ظاهری Bulk density	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand
		dSm^{-1}	gcm^{-3}		%	
سیلتی رسی (S_1)	7.85	1.25	1.34	42	50	8
لوم رسی (S_2)	7.58	1.46	1.1	30	33	37
لوم شنی (S_3)	7.64	1.35	1.47	16	30	54

نتایج و بحث

مطابق با جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) اثر متقابل روش آبیاری و بسترهای مختلف کشت بر ارتفاع بوته نشان از این دارد که بیشترین میزان از این صفت در تیمار S_1FI (۹۳/۰ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن در تیمار S_3PRD (۷۶/۳ سانتی‌متر) نمایان شد، همچنین نتایج نشان‌دهنده این است که بین تیمارهای S_1FI و S_2PRD تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد در صفت ارتفاع بوته وجود ندارد. مطابق با جدول (۳) ملاحظه می‌گردد که S_3FI با مقدار ۲۳/۸ گرم دارای بیشترین و تیمار S_1PRD (۱۸/۷ گرم) دارای کمترین میزان وزن تر اندام هوایی بود. همچنین نتایج نشان‌دهنده این است که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار S_1FI (به‌ترتیب با ۴/۳ و ۲۱/۲ گرم) و کمترین میزان این صفات در تیمار S_3PRD (به‌ترتیب با ۳/۳ و ۱۵/۹ گرم) مشاهده شد. بر اساس جدول (۴) که نشان‌دهنده اثر ساده تیمارهای مورد بررسی بر مقایسه میانگین‌هاست، بیشترین میزان وزن اندام هوایی نیز در تیمار بستر کشت (S_3) با ۲۱/۷ گرم در تک بوته مشاهده شد. در اکثر صفات، بهترین تیمار از نظر بافت خاک همان تیمار بستر کشت S_1 می‌باشد. در صفت تعداد شاخه جانبی بین تیمار S_1 و S_2 در سطح احتمال ۵ درصد از نظر مقایسه میانگین‌ها تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در صفت طول سنبله نیز بین تمامی تیمارها (به‌جز S_1) تفاوتی در سطح ۵ درصد نمایان نشد. در صفت عرض و تعداد سنبله نیز به‌ترتیب بین تیمارهای S_2 و S_3 و بین تیمارهای S_1 و S_2 تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که در بین تیمارهای روش آبیاری در کلیه صفات (بجز وزن سنبله) روش FI که آب مورد نیاز گیاه به‌طور کامل در اختیار آن قرار می‌گرفت نسبت به تیمار PRD، بیشترین میزان را داشته است. به‌عبارت دیگر بیشترین مقدار در صفت طول سنبله (۱۱/۸ سانتی‌متر)، عرض سنبله (۳/۳ سانتی‌متر)، تعداد سنبله (۵/۴ عدد)، قطر ساقه (۰/۶۷ سانتی‌متر) در آبیاری متداول مشاهده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس صفات عملکردی و اجزای عملکردی گیاه کینوا در جدول (۵)، بسترهای مختلف کاشت بر شاخه جانبی، عرض سنبله، تعداد سنبله، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن ساقه، وزن سنبله، وزن اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد و بر صفت طول متوسط سنبله در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین بر اساس نتایج این جدول روش‌های آبیاری نیز بر طول و عرض سنبله، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن سنبله، وزن اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد سنبله در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، لازم به ذکر است که روش‌های آبیاری بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نشد. نتایج گویای این است که اثر متقابل بر ارتفاع بوته، وزن سنبله، وزن اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی بر بقیه صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد.

در کل، تیمار FI نسبت به تیمار PRD در صفات مذکور دارای ارجحیت بوده و تقریبا بستر S_1 نسبت به سایر بسترها در تمامی صفات دارای مقادیر حداکثری بوده، که دلیل آن می‌تواند نگهداشت بیشتر آب و جذب بهتر آن توسط گیاه در شرایط تنش رطوبتی حاصل از آبیاری به روش PRD باشد. نتایج حاصل از روش‌های آبیاری نیز به دلیل اینکه در روش PRD تنها نیمی از نیاز آبی گیاه در هر بار آبیاری در اختیار آن قرار می‌گرفته خود می‌تواند دلیلی بر این باشد که گیاه در این شرایط کم‌آبیاری داشته و برای اینکه بتواند با این شرایط همزیستی داشته باشد، تعداد برگ‌ها و توسعه برگ‌ها نسبت به روش FI کمتر شده که خود دلیلی بر تشکیل کمتر شیره پرورده نسبت به حالتی است که گیاه تحت تنش نیست به عبارت دیگر در شرایط تنشی گیاه با بستن روزنه‌هایش، تعرق از سطح برگ را کاهش داده و کاهش تعرق گیاه به‌دلیل کاهش فتوسنتز و کاهش تولید شیره پرورده منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود، از این رو کاهش این صفات قابل توجیه می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه در اکثر صفات کمترین مقدار مربوط به بستری است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل بافت خاک و روش آبیاری بر صفات رشدی و عملکردی گیاه کینوا

Table 3- Mean comparison of interaction of irrigation methods and growing bed on growth and yield properties of Quinoa

ترکیبات تیماری Treatment	وزن هزاردانه 1000 kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	وزن اندام هوایی Shoot weight	وزن سنبله Panicle weight	ارتفاع Plant height
S1FI	4.33 a	21.22 a	21.97 b	28.19 b	92.98 a
S2FI	3.7 e	17.98 e	20.35 d	23.79 d	87.19 b
S3FI	4.24 b	20.8 b	23.82 a	23.82 d	77.09 d
S1PRD	3.92 c	19.19 c	18.71 f	21.82 e	79.14 c
S2PRD	3.85 d	18.77 d	21.29 c	25.72 c	91.97 a
S3PRD	3.3 f	15.95 f	19.67 e	28.88 a	76.3 d

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

که تنها از خاک زراعی استفاده شده است، می‌توان دلیل آن را اینگونه بیان کرد که استفاده از خاک زراعی به تنهایی به‌دلیل کمبود مواد غذایی بستر مناسبی برای رشد گیاه نیست. از آنجایی که بافت خاک مورد استفاده تقریبا سنگین بوده و برای کشت گیاه کینوا نیز مناسب نیست از این رو در این پژوهش تیمارهای دیگر نظیر استفاده از ماسه مساوی خاک و میزان ۲ برابر ماسه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

Table 4- Mean comparison of yield and yield components of Quinoa plant

ترکیبات تیماری Treatment	وزن هزاردانه 1000 kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	وزن اندام هوایی Shoot weight	وزن سنبله Panicle weight	قطر Diameter	ارتفاع Plant height	تعداد سنبله Panicle number	عرض سنبله Panicle width	طول سنبله Panicle length	شاخه جانبی Branches
سیلتی رسی (S_1)	3.78 b	18.4 b	21.7 a	26.34 b	0.57 b	76.7 c	4.5 b	2.9 b	10.7 b	4.5 b
لوم رسی (S_2)	3.78 b	18.4 b	20.8 b	24.7 c	0.59 b	89.6 a	6.0 a	3.0 b	10.8 b	7.2 a
لوم شنی (S_3)	4.12 a	20.2 a	20.62 b	27.09 a	0.75 a	86.06 b	6.0 a	3.4 a	11.9 a	6.5 a
آبیاری متداول FI	4.04 a	19.7 a	21.4 a	25. 2 b	0.67 a	84.35 a	5.4 a	3.3 a	11.8 a	5.8 a
آبیاری بخشی ریشه PRD	3.64 b	17.7 b	20.4 b	26.4 a	0.61 b	82.53 b	4.8 b	2.9 b	10.5 b	5.1 a

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

Table 5- Analysis of variance of yield and yield components characteristics of Quinoa

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات									
		وزن هزاردانه 1000 kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	وزن اندام هوایی Shoot weight	وزن سنبله Panicle weight	قطر Diameter	ارتفاع Plant height	تعداد سنبله Panicle number	عرض سنبله Panicle width	طول سنبله Panicle length	شاخه جانبی Branches
بافت خاک Soil texture	2	0.3^{**}	6.7^{**}	3.2^{**}	4.4^{**}	0.06^{**}	266.2^{**}	4.5^{*}	0.4^{**}	2.7^{*}	11.5^{**}
روش آبیاری Irrigation method	1	0.7^{**}	18.7^{**}	20.9^{**}	0.2^{ns}	0.02^{*}	48.5^{**}	2.7^{*}	0.8^{**}	5.6^{**}	6.7^{*}
بافت خاک * روش آبیاری Soil texture * Irrigation method	2	0.5^{**}	11.9^{**}	11.1^{**}	52.3^{**}	0.0002^{ns}	137.1^{**}	0.4^{ns}	0.002^{ns}	0.3^{ns}	1.5^{ns}
خطا Error	12	0.001	0.04	0.1	0.1	0.002	1.1	0.5	0.01	0.2	1.0
ضریب تغییرات C.V.		1.8	1.9	1.6	2.9	7.8	1.2	12.8	3.3	3.9	16.5

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (significant at 1 % levels)، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد (significant at 5 % levels) و ns عدم معنی‌داری (non-significant)

از آنجایی که در این پژوهش اثر آبیاری PRD نیز مورد توجه بود، بستر S_3 در این روش دارای مقادیر کمتری از صفات مورد بررسی نسبت به سایر بسترهای مورد مطالعه بوده که دلیل آن می‌تواند زهکشی سریع آب خاک به‌دلیل سبک بودن بافت خاک باشد. دلیل اینکه بستر S_1 نسبت به دو بستر دیگر در هر دو روش آبیاری نتایج بهتری داشته می‌تواند این باشد که خاک دارای نگهداشت آب بیشتری بوده و خود منجر به بهبود جذب عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه می‌شود و گیاه نیز اندام هوایی خود را توسعه می‌دهد. در شرایط تنش خشکی بین اندام‌های هوایی و ریشه برای جذب مواد فتوسنتزی رقابت ایجاد شده و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه اختصاص می‌یابد، بطوری‌که کاهش مواد فتوسنتزی اختصاصی به اندام هوایی خود دلیلی بر کاهش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی می‌شود. شارما و همکاران (۲۵) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش رشد و شاخص‌های مربوط به آن می‌گردد. با کاهش مقدار آب میزان تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد و افت قابل توجه سرعت رشد نسبی بیانگر کاهش ماده خشک تولید شده در اثر کاهش رشد شاخ و برگ در مرحله رشد سبزینه‌ای است که می‌تواند یکی از علل کاهش عملکرد محصول باشد. از مهمترین دلایل کاهش در وزن گیاه در طول دوره تنش را می‌توان به اثرات سوء تنش بر رشد و فیزیولوژی گیاه شامل: رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن دانست. رشد و نمو یک گیاه به تقسیم سلولی، رشد و تمایز سلول‌ها وابسته است. رشد سلولی یکی از حساس‌ترین واکنش‌های گیاهی در برابر تنش خشکی می‌باشد. نتیجه کاهش اندازه سلول در رابطه با الگوی رشد گیاه به زمان وقوع کمبود آب از نظر فنولوژی گیاه بستگی دارد. اگر تنش آبی در ابتدای چرخه رشد گیاه اتفاق بیافتد، سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه تثبیت کربن در فصل رشد کاهش خواهد یافت. دیگر اثرات ثانویه حاصل از کاهش سطح برگ شامل تغییر در الگوی مصرف آب و نیتروژن می‌باشد (۱۶). هامرونی و همکاران (۸) بیان کردند خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود زیرا تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها در اثر کاهش فشار اسمزی درون سلول کاهش می‌یابد. از طرفی کاهش ارتفاع گیاه به موازات افزایش تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به اندام‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد (۱۷). کلارک و همکاران (۳) به این نتیجه رسیدند که در زمان پر شدن دانه، کمبود آب از طریق تقلیل فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. خشکی در مرحله پر شدن دانه مخصوصاً اگر با افزایش دما همراه باشد، موجب تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره پر شدن دانه، میانگین وزن دانه‌ها و عملکرد می‌شود. این عمل توسط کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال توسعه صورت می‌پذیرد. امام و همکاران (۶) نتیجه گرفتند که با وجود شرایط مساعد رطوبتی تا پیش از گلدهی، تنش خشکی از گلدهی تا رسیدن دانه بر عملکرد دانه اثر بارزی دارد و سبب افت عملکرد دانه می‌گردد. اثر تنش رطوبت در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه بسته به وزن هر دانه دارد، که این مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد (۷). افزایش رقابت درون بوته‌ای به دلیل عرضه محدودتر مواد پرورده، ممکن است بر بقای پنجه‌ها، نمو سنبلک و پر شدن دانه تأثیر گذارد و دوام فرآیند یاد شده نیز ممکن است به وسیله میزان مسن شدن سایه انداز و سایر فرآیندهای بیوشیمیایی، تعیین شود. بنابراین، خشکی بر حسب زمان، طول و شدت دوره تنش می‌تواند عملکرد دانه را از طریق تأثیر بر هر یک از اجزاء یا ترکیبی از آنها کاهش دهد. با وجود شواهد خوبی در تأیید این نظر، انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده می‌تواند کاهش عرضه مواد پرورده را پس از گل دهی، تا زمانی که ساقه و سنبله سبز می‌باشد، جبران کند (۵). مواد جمع شده در دانه از دو منبع فتوسنتز در خود دانه و انتقال مواد فتوسنتزی از قسمت های گیاه به دانه تأمین می‌گردد (۷). قسمتی از مواد فتوسنتزی قبل از گرده افشانی ساخته شده و در ساقه یا قسمت‌های دیگر گیاه ذخیره شده، بعداً به دانه‌های در حال تشکیل منتقل می‌شود، ولی قسمت اعظم مواد ساخته شده در دانه بعد از گرده افشانی ساخته می‌شود. بنابراین تنش رطوبتی در این مرحله انتقال مواد غذایی از برگ‌ها به دانه‌ها را کاهش داده و با توجه به اینکه خشکی باعث می‌شود دانه‌ها سریعتر برسند. دانه‌ها چروکیده شده و از عملکرد دانه کم می‌شود (۲۳). نتایج این تحقیق با نتایج عزیز و همکاران (۲) روی کینوا، رمضانی و همکاران (۱۸) روی کینوا، جمالی (۱۰) بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca، هریچی و همکاران (۹) روی گیاه کینوا، شریفان و همکاران (۲۴) بر روی ذرت علوفه‌ای و رزاقی و همکاران (۱۹) روی گیاه کینوا مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیشترین وزن هزار دانه (۴/۱ گرم)، عملکرد دانه (۲۰/۲ گرم)، عملکرد سنبله (۲۷/۱ گرم) و تعداد سنبله در بوته (۶/۰ عدد) به‌عنوان مهمترین پارامترهای عملکردی گیاه در بستر S_1 مشاهده شده و کمترین میزان آنها نیز به ترتیب با ۳/۸، ۱۸/۴ و ۲۴/۷ گرم و ۴/۵ عدد در بستر S_3 (به جز عملکرد سنبله که در بستر S_2 مشاهده شد) به‌دست آمد. همچنین در تمامی صفات مذکور بیشترین مقدار در تیمار FI مشاهده شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد در تیمار آبیاری PRD به‌ترتیب منجر به کاهش ۹/۹ و ۱۰/۲ درصدی وزن هزار دانه و عملکرد دانه شده

است. مطابق نتایج به‌دست آمده و از آنجایی‌که از دانه‌های گیاه کینوا نسبت به سایر قسمت‌ها نظیر برگ بیشتر استفاده می‌شود و با عنایت به موضوع کمبود منابع آب شیرین در ایران می‌توان از تیمار آبیاری بخشی با در نظر گرفتن کاهش عملکرد دانه استفاده کرد. بنابراین استفاده از آبیاری بخشی ریشه برای آبیاری محصولات کشاورزی نظیر گیاه کینوا در کشور با مدیریت مناسب و مطلوب می‌تواند به عنوان یک راه‌کار مناسب جهت استفاده در شرایط بحران آب توصیه شود، هرچند که لازم است آزمایش‌های بیشتری (به‌ویژه در شرایط مزرعه‌ای) جهت تأیید نتایج پژوهش حاضر انجام شود. تیمار بهینه جهت حصول عملکرد اقتصادی برای زارع، S_1FI بوده و پس از آن تیمار S_1PRD (با کاهش عملکرد به میزان ۹/۶ درصدی نسبت به تیمار S_1FI) می‌باشد.

منابع

1- Aly A.A., Al-Barakah F.N., and El-Mahrouky M.A. 2018. Salinity Stress Promote Drought Tolerance of Chenopodium Quinoa Willd. Communications in Soil Science and Plant Analysis 49(11): 1331-1343.
2- Aziz A., Akram N.A., and Ashraf M. 2018. Influence of natural and synthetic vitamin C (ascorbic acid) on primary and secondary metabolites and associated metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants under water deficit regimes. Plant Physiology and Biochemistry 123: 192-203.
3- Clark J.M., Smith T.F., cage MCt N., and Gerr D. 1983. Growth analysis of spring Wheat Cultivars of Varying drought resistance. Crop Science 24: 537–41.
4- Daneshpazhoh P., Ghasemi A.R., Noori M.R., and Barzegar R. 2018. The Effect of Partial Root-Zone Drying and Zeolite on Water Use Efficiency and Physiological Characteristics of Sweet Pepper. Journal of Water and Soil 32(4): 675-690. (In Persian with English abstract)
5- Emam Y., and Niknejad V. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Performance. 3ed. Shiraz University publication. 571 pp. (In Persian)
6- Emam Y., Ranjbari A., and Bohrani, M.J. 2007. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under drought stress condition after anthesis. Journal Agriculture Natural Resource Science Technology 11: 317-327.
7- Fisher R.A., and Maurer R.1988. Drought resistance in spring wheat cultivars I: grain yield responses. Australian journal of Agriculture Research 29: 897–912.
8- Hamrouni, I., Salah, H. B., and Marzouk B. 2001. Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. Phytochemistry 58(2): 277-280.
9- Hirich A., El-Omari H., El-Youssfi L., Fahmi H., Rami A., Laajaj K., Jacobsen S.E., and Choukr-Allah R. 2013. Using deficit irrigation with treated wastewater to improve crop water productivity of sweet corn, chickpea, faba bean and quinoa. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 2(1): 15-22.
10- Jamali S. 2017. Investigation the effects of different levels of salinity and deficit irrigation on yield and yield components of Quinoa. MSc thesis. Gorgan university of Agriculture science and Natural resource. (In Persian with English abstract)
11- Javadi T., Arzani K., and Ebrahimzadeh H. 2008. Study of proline, soluble sugar, andchlorophyll a and b changes in nine Asian and one European pear cultivarunder drought stress. Acta Horticulture 769: 241–246.
12- Khoyerdi F.F., Shamshiri M.H., and Estaji A. 2016. Changes in some physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. Scientia horticulturae 198: 44-51.
13- Kolenc Z., Vodnik D., Mandelc S., Javornik B., Kastelec D., and Čerenak A. 2016. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: proteomic analysis with physiology. Plant Physiology and Biochemistry 105: 67–68.
14- Meidanshahi M., Mousavi S.F., Mostafazadeh-Fard B., and Landi E. 2013a. Effect of PRD deficit-irrigation method and sodium salicylate on yield, yield components and water use efficiency of tomato. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center 4(1): 1-14. (In Persian with English abstract)
15- Meidanshahi M., Mousavi S.F., and Mostafazadeh-Fard B. 2013b. Effect of PRD Deficit-irrigation Method and Growth Stabilizer on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Safflower. Journal of Crop production and processing 3(8): 37-51. (In Persian with English abstract)
16- Molden D., Murry-Rust H., Sakthivandival R., and Makin I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity, 12 -13 November. 2001. Wadduwe, Sri Lanka.
17- Naderi M.R., Nourmohammadi Gh., Majidi A., Darvish F., Shirani-Rad A.H., and Madani, H., 2005. Evaluation of summer safflower response to different intensities of drought stress in Isfahan region. Agro-Breed Journal 7(3): 212-225. (In Persian with English abstract)
18- Ramzani P.M.A., Shan L., Anjum S., Ronggui H., Iqbal M., Virk Z.A., and Kausar S. 2017. Improved quinoa growth, physiological response, and seed nutritional quality in three soils having different stresses by the application of acidified biochar and compost. Plant Physiology and Biochemistry 116: 127-138.

19- Razzaghi F., Plauborg F., Jacobsen S.E., Jensen C.R., and Andersen M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agricultural Water Management 109: 20-29.
20- Sadiq M., Akram N.A., Ashraf M., Ali S. 2017. Tocopherol confers water stress tolerance: Sugar and osmoprotectant metabolism in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Agrochimica 61: 28-42.
21- Sai S.K.P.V., Sandya V., Manjari S., and Ali S. 2016. Enhancement of drought stresstolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiological Research 184: 13–24.
22- Sanchez H.B., Lemeur R., Damme P.V., and Jacobsen S.E. 2003. Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19(1-2): 111-119.
23- Sarmadnia G.H. and Kouchaki A. 2013. Plant Physiology. 17 ed. Jahad-daneshgahi of Mashhad publication. 467 pp. (In Persian)
24- Sharifan H., Mirzaei Sh., and Seilsepourr M. Effect of Different levels of Super Absorbent Polymer and Water Stress on Yield Components of Forage Corn. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 8(4): 705-712. (In Persian with English abstract)
25- Sharma B.D., Sharma U.C., and Kaul H.N. 1990. Physiological traits for high yield in potato. Indian Journal of Hill Farming 3(1): 41-46.
26- Yasmeen R., and Siddiqui Z.S. 2018. Ameliorative effects of *Trichoderma harzianum* on monocot crops under hydroponic saline environment. Acta Physiologiae Plantarum 40(4): 1-14.
27- Zarinkafsh M. 1993. Applied soil science: soil survey and soil-plant-water analysis. Tehran University publication. 342 pp. (In Persian)

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 1-10

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۰-۱

The Effects of Partial Root Zone Drying and Growing Bed on Yield and its Components of Quinoa (cv. Titicaca)

S. Jamali[1]- H. Ansari[2*]- S.M. Zeynodin[3]
Received: 24-07-2019
Accepted: 29-12-2019

Introduction: Since the agriculture is the main water consumer, it is necessary to increase water use efficiency. As a management practice, deficit irrigation strategy is applied to cope with water shortages, especially during drought periods. A greenhouse experiment was conducted to investigate the impact of water and salt stress on Quinoa plants (*Chenopodium quinoa* Willd.), Aly et al (2) showed that quinoa plants can tolerate water stress (50% FC) when irrigated with moderately saline water (T1 and T2, respectively). The results of some studies showed that Amaranth was the most responsive plant to water. Quinoa showed the best performance in the treatment with the upper-middle water level among the other evaluated species. Millet showed thermal sensitivity for cultivation in the winter, making grain production unfeasible; however, it showed exceptional ability to produce biomass even in the treatment with higher water deficit. Water stress can affect plants by reducing the plant height, relative growth rate, cell growth, photosynthetic rate, and the respiration activation. Cultivated plants have several mechanisms of adaptation to water deficit, but the responses are complex and adaptation is attributed to the ability of plants to control water losses by transpiration, which depends on the stomatal sensitivity and greater capacity of water absorption by the root system, among other factors. In PRD method, half of the root zone is watered and the other half is kept dry intermittently. The objective of this research was to study yield and yield components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Titicaca cultivar, using PRD irrigation method in three growing bed, under greenhouse conditions.

Materials and Methods: This research was conducted to study the effects of water stress on yield and its components of Quinoa under the different growing beds in the experimental research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad during 2018. Titicaca cultivar of Quinoa was planted and experimental design was factorial, based on complete randomized design and three replications, included two irrigation managements (FI, full irrigation and PRD, partial root-zone drying method) and three levels of growing bed (S_1, silty clay, S_2 clay loam and, S_3 sandy loam). Research station is located in north-east Iran at 36° 16' N latitude and 59° 36' E longitude and its height from sea level is 985 meters. The seeds of Quinoa were planted at a depth of 1.5 centimeters in the soil of each pot and were irrigated with tap water. Plants were harvested after 4 months and plant height, branches number, panicle number, thousand kernel weights, grain yield, biomass; steam, leaf, and panicle dry weight panicles were measured. Physical and chemical properties of irrigation water and soil were determined before the beginning of the experiment. The obtained data analyzed using the statistical software of SAS (Ver. 9.4) and the means were compared using LSD test at 5 % percent levels.

Results and Discussion: Results showed that the highest plant height (84.4 cm) was in FI treatment and the shortest plant height (82.5 cm) was in PRD treatment. The highest and the lowest 1000 kernel weights and grain yield were measured in FI (4.0 and 19.7 g per plant) and PRD (3.6 and 17.7 g per plant) treatments, respectively. With a 50 % reduction of water in PRD compared to FI treatment, 1000 kernel weights were decreased by 9.1%. Grain yield was decreased by 10.2% (changing from FI to PRD). The highest and the least grain yield (20.2 and 18.4 g per plant) were obtained in S_1 and $S_{2,3}$ soils, respectively. Silty clay soil with 1000 kernel yield of 4.12 g had higher than clay loam and sandy loam soil, which produced 3.78 g and 3.78 g, respectively.

Conclusion: In general, the effect of the PRD irrigation method on reducing water use in the greenhouse production of Quinoa was positive and recommendable. Silty clay soil with 1000 kernel yield of 4.12 g had higher than clay loam and sandy loam soil, which produced 3.78 g and 3.78 g, respectively.

Keywords: 1000 kernel weights, Deficit irrigation, Greenhouse conditions, Panicle and grain yield, PRD method, Quinoa

---

1 and 2- Ph.D. Candidate and Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Ansary@um.ac.ir)
3- B.Sc. Student, Faculty of Natural Resource and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.81937